

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number **2001102316 A**(43) Date of publication of application: **13.04.01**

(51) Int. Cl. **H01L 21/208**
C30B 29/38
H01L 33/00
H01S 5/323

(21) Application number **11277045**(22) Date of filing: **29.09.99**(71) Applicant: **RICOH CO LTD SHIMADA**
MASAHIKO YAMANE HISANORI(72) Inventor: **SARAYAMA SHOJI**
SHIMADA MASAHIKO
YAMANE HISANORI

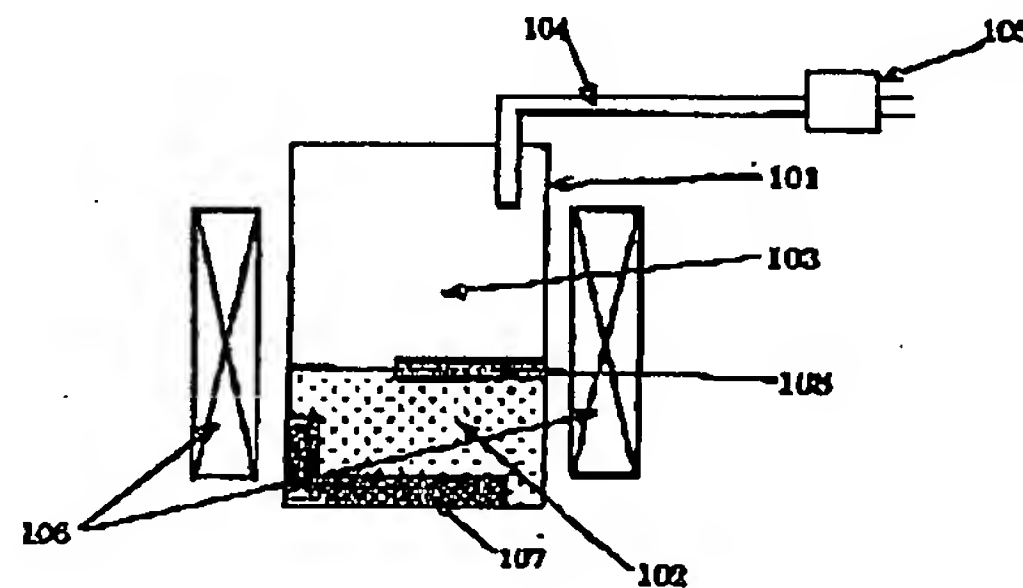
(54) **METHOD AND DEVICE FOR CRYSTAL GROWTH**
AND III GROUP NITRIDE CRYSTAL AND
SEMICONDUCTOR DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide III group nitride crystals in a practical size for manufacturing a light-emitting diode or LD with high performance and a semiconductor device, and to provide a crystal growth method and a crystal growth device, capable of growth of the III group nitride crystals.

SOLUTION: In Na and Ga mixed melting liquid 107 and on an Na and Ga mixed melting liquid surface 108, nitrogen gas or nitrogen components in the melting liquid supplied from the nitrogen gas and Ga are allowed to react so that continuous GaN crystals can grow and that the crystal size can be made large.

COPYRIGHT: (C)2001 JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-102316
(P2001-102316A)

(43)公開日 平成13年 4月13日 (2001. 4. 13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	P I	フィート* (参考)
H 0 1 L 21/208		H 0 1 L 21/208	D 4 G 0 7 7
C 3 0 B 29/38		C 3 0 B 29/38	D 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 5 3
H 0 1 S 5/323		H 0 1 S 5/323	5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21)出願番号	特願平11-277045	(71)出願人	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込 1丁目 3番 6号
(22)出願日	平成11年 9月29日 (1999. 9. 29)	(71)出願人	599137389 島田 昌彦 宮城県仙台市青葉区貝ヶ森 3-29-5
		(71)出願人	599138526 山根 久典 宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷 1-12-4
		(74)代理人	100090240 弁理士 榎本 雅治

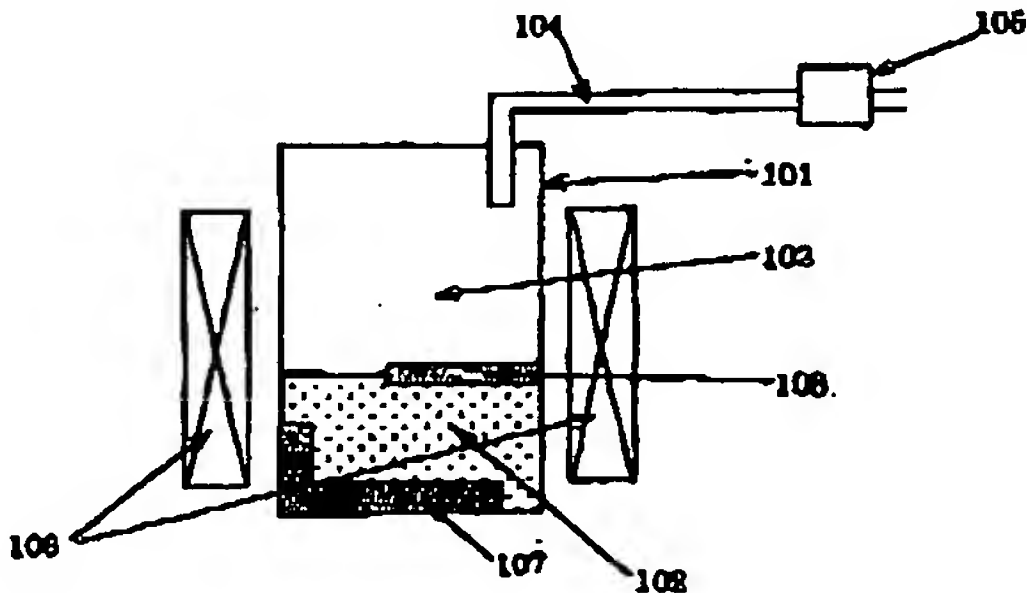
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 結晶成長方法および結晶成長装置およびIII族窒化物結晶および半導体デバイス

(57)【要約】

【課題】 高性能の発光ダイオードやLED等のデバイスを作製するための実用的な大きさのIII族窒化物結晶および半導体デバイスを提供し、また、このようなIII族窒化物結晶を成長させることの可能な結晶成長方法および結晶成長装置を提供する。

【解決手段】 NaとGaの混合融液中107及び混合融液表面108で、窒素ガス或いは窒素ガスから供給された融液中の窒素成分とGaとが反応することで、継続的なGaN結晶が成長し、結晶サイズの大きなものを得ることが可能となる。



(2)

特開2001-102316

2

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応容器内で、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中あるいは金属融液表面において、少なくともII族金属元素を含む物質と少なくとも窒素元素を含む物質とから、III族金属元素と窒素元素とにより構成されるIII族窒化物を結晶成長させることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項2】 請求項1記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中或いは金属融液表面に、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物からIII族金属成分が供給されることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項3】 請求項2記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を、反応容器の外部より供給することを特徴とする結晶成長方法。

【請求項4】 請求項2記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中に含まれていることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項5】 請求項2乃至請求項4のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する領域とは空間的に分離した領域に存在することを特徴とする結晶成長方法。

【請求項6】 請求項5記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域の温度と、III族窒化物結晶が成長する領域の温度とが異なっていることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項7】 請求項2乃至請求項6のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する温度付近で分解あるいは溶解もしくは金属融液中に溶解することを特徴とする結晶成長方法。

【請求項8】 請求項2乃至請求項7のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族金属元素と他の元素とにより構成される合金であることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項9】 請求項1乃至請求項8のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属がアルカリ金属であることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項10】 請求項9記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属であるアルカリ金属がNaであることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項11】 請求項1乃至請求項10のいずれか一項に記載の結晶成長方法を用いてIII族窒化物結晶の結

晶成長を行うことを特徴とする結晶成長装置。

【請求項12】 請求項1乃至請求項10のいずれか一項に記載の結晶成長方法を用いて結晶成長させたIII族窒化物結晶。

【請求項13】 請求項12記載のIII族窒化物結晶を用いて作製された半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、結晶成長方法および結晶成長装置およびIII族窒化物結晶および半導体デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、紫～青～緑色光源として用いられているInGaAlN系(III族窒化物)デバイスは、そのほとんどがサファイアあるいはSiC基板上にMO-CVD法(有機金属化学気相成長法)やMBE法(分子線結晶成長法)等を用いた結晶成長により作製されている。サファイアやSiCを基板として用いる場合には、III族窒化物との熱膨張係数差や格子定数差が大きいこと

20 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000 1010 1020 1030 1040 1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400 1410 1420 1430 1440 1450 1460 1470 1480 1490 1500 1510 1520 1530 1540 1550 1560 1570 1580 1590 1600 1610 1620 1630 1640 1650 1660 1670 1680 1690 1700 1710 1720 1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820 1830 1840 1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100 2110 2120 2130 2140 2150 2160 2170 2180 2190 2200 2210 2220 2230 2240 2250 2260 2270 2280 2290 2300 2310 2320 2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2490 2500 2510 2520 2530 2540 2550 2560 2570 2580 2590 2600 2610 2620 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730 2740 2750 2760 2770 2780 2790 2800 2810 2820 2830 2840 2850 2860 2870 2880 2890 2900 2910 2920 2930 2940 2950 2960 2970 2980 2990 3000 3010 3020 3030 3040 3050 3060 3070 3080 3090 3100 3110 3120 3130 3140 3150 3160 3170 3180 3190 3200 3210 3220 3230 3240 3250 3260 3270 3280 3290 3300 3310 3320 3330 3340 3350 3360 3370 3380 3390 3400 3410 3420 3430 3440 3450 3460 3470 3480 3490 3500 3510 3520 3530 3540 3550 3560 3570 3580 3590 3600 3610 3620 3630 3640 3650 3660 3670 3680 3690 3700 3710 3720 3730 3740 3750 3760 3770 3780 3790 3800 3810 3820 3830 3840 3850 3860 3870 3880 3890 3900 3910 3920 3930 3940 3950 3960 3970 3980 3990 4000 4010 4020 4030 4040 4050 4060 4070 4080 4090 4100 4110 4120 4130 4140 4150 4160 4170 4180 4190 4200 4210 4220 4230 4240 4250 4260 4270 4280 4290 4300 4310 4320 4330 4340 4350 4360 4370 4380 4390 4400 4410 4420 4430 4440 4450 4460 4470 4480 4490 4500 4510 4520 4530 4540 4550 4560 4570 4580 4590 4600 4610 4620 4630 4640 4650 4660 4670 4680 4690 4700 4710 4720 4730 4740 4750 4760 4770 4780 4790 4800 4810 4820 4830 4840 4850 4860 4870 4880 4890 4900 4910 4920 4930 4940 4950 4960 4970 4980 4990 5000 5010 5020 5030 5040 5050 5060 5070 5080 5090 5100 5110 5120 5130 5140 5150 5160 5170 5180 5190 5200 5210 5220 5230 5240 5250 5260 5270 5280 5290 5300 5310 5320 5330 5340 5350 5360 5370 5380 5390 5400 5410 5420 5430 5440 5450 5460 5470 5480 5490 5500 5510 5520 5530 5540 5550 5560 5570 5580 5590 5600 5610 5620 5630 5640 5650 5660 5670 5680 5690 5700 5710 5720 5730 5740 5750 5760 5770 5780 5790 5800 5810 5820 5830 5840 5850 5860 5870 5880 5890 5900 5910 5920 5930 5940 5950 5960 5970 5980 5990 6000 6010 6020 6030 6040 6050 6060 6070 6080 6090 6100 6110 6120 6130 6140 6150 6160 6170 6180 6190 6200 6210 6220 6230 6240 6250 6260 6270 6280 6290 6300 6310 6320 6330 6340 6350 6360 6370 6380 6390 6400 6410 6420 6430 6440 6450 6460 6470 6480 6490 6500 6510 6520 6530 6540 6550 6560 6570 6580 6590 6600 6610 6620 6630 6640 6650 6660 6670 6680 6690 6700 6710 6720 6730 6740 6750 6760 6770 6780 6790 6800 6810 6820 6830 6840 6850 6860 6870 6880 6890 6900 6910 6920 6930 6940 6950 6960 6970 6980 6990 7000 7010 7020 7030 7040 7050 7060 7070 7080 7090 7100 7110 7120 7130 7140 7150 7160 7170 7180 7190 7200 7210 7220 7230 7240 7250 7260 7270 7280 7290 7300 7310 7320 7330 7340 7350 7360 7370 7380 7390 7400 7410 7420 7430 7440 7450 7460 7470 7480 7490 7500 7510 7520 7530 7540 7550 7560 7570 7580 7590 7600 7610 7620 7630 7640 7650 7660 7670 7680 7690 7700 7710 7720 7730 7740 7750 7760 7770 7780 7790 7800 7810 7820 7830 7840 7850 7860 7870 7880 7890 7900 7910 7920 7930 7940 7950 7960 7970 7980 7990 8000 8010 8020 8030 8040 8050 8060 8070 8080 8090 8100 8110 8120 8130 8140 8150 8160 8170 8180 8190 8200 8210 8220 8230 8240 8250 8260 8270 8280 8290 8300 8310 8320 8330 8340 8350 8360 8370 8380 8390 8400 8410 8420 8430 8440 8450 8460 8470 8480 8490 8500 8510 8520 8530 8540 8550 8560 8570 8580 8590 8600 8610 8620 8630 8640 8650 8660 8670 8680 8690 8700 8710 8720 8730 8740 8750 8760 8770 8780 8790 8800 8810 8820 8830 8840 8850 8860 8870 8880 8890 8900 8910 8920 8930 8940 8950 8960 8970 8980 8990 9000 9010 9020 9030 9040 9050 9060 9070 9080 9090 9100 9110 9120 9130 9140 9150 9160 9170 9180 9190 9200 9210 9220 9230 9240 9250 9260 9270 9280 9290 9300 9310 9320 9330 9340 9350 9360 9370 9380 9390 9400 9410 9420 9430 9440 9450 9460 9470 9480 9490 9500 9510 9520 9530 9540 9550 9560 9570 9580 9590 9600 9610 9620 9630 9640 9650 9660 9670 9680 9690 9700 9710 9720 9730 9740 9750 9760 9770 9780 9790 9800 9810 9820 9830 9840 9850 9860 9870 9880 9890 9900 9910 9920 9930 9940 9950 9960 9970 9980 9990 10000 10010 10020 10030 10040 10050 10060 10070 10080 10090 10100 10110 10120 10130 10140 10150 10160 10170 10180 10190 10200 10210 10220 10230 10240 10250 10260 10270 10280 10290 10300 10310 10320 10330 10340 10350 10360 10370 10380 10390 10400 10410 10420 10430 10440 10450 10460 10470 10480 10490 10500 10510 10520 10530 10540 10550 10560 10570 10580 10590 10600 10610 10620 10630 10640 10650 10660 10670 10680 10690 10700 10710 10720 10730 10740 10750 10760 10770 10780 10790 10800 10810 10820 10830 10840 10850 10860 10870 10880 10890 10900 10910 10920 10930 10940 10950 10960 10970 10980 10990 11000 11010 11020 11030 11040 11050 11060 11070 11080 11090 11100 11110 11120 11130 11140 11150 11160 11170 11180 11190 11200 11210 11220 11230 11240 11250 11260 11270 11280 11290 11300 11310 11320 11330 11340 11350 11360 11370 11380 11390 11400 11410 11420 11430 11440 11450 11460 11470 11480 11490 11500 11510 11520 11530 11540 11550 11560 11570 11580 11590 11600 11610 11620 11630 11640 11650 11660 11670 11680 11690 11700 11710 11720 11730 11740 11750 11760 11770 11780 11790 11800 11810 11820 11830 11840 11850 11860 11870 11880 11890 11900 11910 11920 11930 11940 11950 11960 11970 11980 11990 12000 12010 12020 12030 12040 12050 12060 12070 12080 12090 12100 12110 12120 12130 12140 12150 12160 12170 12180 12190 12200 12210 12220 12230 12240 12250 12260 12270 12280 12290 12300 12310 12320 12330 12340 12350 12360 12370 12380 12390 12400 12410 12420 12430 12440 12450 12460 12470 12480 12490 12500 12510 12520 12530 12540 12550 12560 12570 12580 12590 12600 12610 12620 12630 12640 12650 12660 12670 12680 12690 12700 12710 12720 12730 12740 12750 12760 12770 12780 12790 12800 12810 12820 12830 12840 12850 12860 12870 12880 12890 12900 12910 12920 12930 12940 12950 12960 12970 12980 12990 13000 13010 13020 13030 13040 13050 13060 13070 13080 13090 13100 13110 13120 13130 13140 13150 13160 13170 13180 13190 13200 13210 13220 13230 13240 13250 13260 13270 13280 13290 13300 13310 13320 13330 13340 13350 13360 13370 13380 13390 13400 13410 13420 13430 13440 13450 13460 13470 13480 13490 13500 13510 13520 13530 13540 13550 13560 13570 13580 13590 13600 13610 13620 13630 13640 13650 13660 13670 13680 13690 13700 13710 13720 13730 13740 13750 13760 13770 13780 13790 13800 13810 13820 13830 13840 13850 13860 13870 13880 13890 13900 13910 13920 13930 13940 13950 13960 13970 13980 13990 14000 14010 14020 14030 14040 14050 14060 14070 14080 14090 14100 14110 14120 14130 14140 14150 14160 14170 14180 14190 14200 14210 14220 14230 14240 14250 14260 14270 14280 14290 14300 14310 14320 14330 14340 14350 14360 14370 14380 14390 14400 14410 14420 14430 14440 14450 14460 14470 14480 14490 14500 14510 14520 14530 14540 14550 14560 14570 14580 14590 14600 14610 14620 14630 14640 14650 14660 14670 14680 14690 14700 14710 14720 14730 14740 14750 14760 14770 14780 14790 14800 14810 14820 14830 14840 14850 14860 14870 14880 14890 14900 14910 14920 14930 14940 14950 14960 14970 14980 14990 15000 15010 15020 15030 15040 15050 15060 15070 15080 15090 15100 15110 15120 15130 15140 15150 15160 15170 15180 15190 15200 15210 15220 15230 15240 15250 15260 15270 15280 15290 15300 15310 15320 15330 15340 15350 15360 15370 15380 15390 15400 15410 15420 15430 15440 15450 15460 15470 15480 15490 15500 15510 15520 15530 15540 15550 15560 15570 15580 15590 15600 15610 15620 15630 15640 15650 15660 15670 15680 15690 15700 15710 15720 15730 15740 15750 15760 15770 15780 15790 15800 15810 15820 15830 15840 15850 15860 15870 15880 15890 15900 15910 15920 15930 15940 15950 15960 15970 15980 15990 16000 16010 16020 16030 16040 16050 16060 16070 16080 16090 16100 16110 16120 16130 16140 16150 16160 16170 16180 16190 16200 16210 16220 16230 16240 16250 16260 16270 16280 16290 16300 16310 16320 16330 16340 16350 16360 16370 16380 16390 16400 16410 16420 16430 16440 16450 16460 16470 16480 16490 16500 16510 16520 16530 16540 16550 16560 16570 16580 16590 16600 16610 16620 16630 16640 16650 16660 16670 16680 16690 16700 16710 16720 16730 16740 16750 16760 16770 16780 16790 16800 16810 16820 16830 16840 16850 16860 16870 16880 16890 16900 16910 16920 16930 16940 16950 16960 16970 16980 16990 17000 17010 17020 17030 17040 17050 17060 17070 17080 17090 17100 17110 17120 17130 17140 17150 17160 17170 17180 17190 17200 17210 17220 17230 17240 17250 17260 17270 17280 17290 17300 17310 17320 17330 17340 17350 17360 17370 17380 17390 17400 17410 17420 17430 17440 17450 17460 17470 17480 17490 17500 17510 17520 17530 17540 17550 17560 17570 17580 17590 17600 17610 17620 17630 17640 17650 17660 17670 17680 17690 17700 17710 17720 17730 17740 17750 17760 17770 17780 17790 17800 17810 17820 17830 17840 17850 17860 17870 17880 17890 17900 17910 17920 17930 17940 17950 17960 17970 17980 17990 18000 18010 18020 18030 18040 18050 18060 18070 18080 18090 18100 18110 18120 18130 18140 18150 18160 18170 18180 18190 18200 18210 18220 18230 18240 18250 18260 18270 18280 18290 18300 18310 18320 18330 18340 18350 18360 18370 18380 18390 18400 18410 18420 18430 18440 18450 18460 18470 18480 18490 18500 18510 18520 18530 18540 18550 18560 18570 18580 18590 18600 18610 18620 18630 18640 18650 18660 18670 18680 18690 18700 18710 18720 18730 18740 18750 18760 18770 18780 18790 18800 18810 18820 18830 18840 18850 18860 18870 18880 18890 18900 18910 18920 18930 18940 18950 18960 18970 18980 18990 19000 19010 19020 19030 19040 19050 19060 19070 19080 19090 19100 19110 19120 19130 19140 19150 19160 19170 19180 19190 19200 19210 19220 19230 19240 19250 19260 19270 19280 19290 19300 19310 19320 19330 19340 19350 19360 19370 19380 19390 19400 19410 19420 19430 19440 19450 19460 19470 19480 19490 19500 19510 19520 195

(3)

特開2001-102316

3

4

4は、別のCVD(化学気相堆積)装置にてSiO₂膜を堆積した後に、フォトリソグラフィー、エッチング工程を経て形成される。次に、このSiO₂マスク4上に再度、MO-VP E装置にて20μmの厚さのGa₂N膜3'を成長することで、横方向にGa₂Nが選択成長し、選択横方向成長を行わない場合に比較して結晶欠陥を低減させている。さらに、その上層に形成されている変調ドープ歪み超格子層(MD-SLS)5を導入することで、活性層6へ結晶欠陥が延びることを防いでいる。この結果、選択横方向成長および変調ドープ歪み超格子層を用いない場合に比較して、デバイス寿命を長くすることが可能となる。

【0006】この第1の従来技術の場合には、サファイア基板上にGa₂N膜を選択横方向成長しない場合に比べて、結晶欠陥を低減させることが可能となるが、サファイア基板を用いることによる、絶縁性と発光に関する前述の問題は依然として残っている。さらには、SiO₂マスク形成工程を挟んで、MO-VP E装置による結晶成長が2回必要となり、工程が複雑化するという問題が新たに生じる。

【0007】また、別の方法として、例えば文献「Applied Physics Letters, Vol.73, No.6, P832-834 (1998)」(以下、第2の従来技術と称す)には、Ga₂N厚膜基板を応用することが提案されている。この第2の従来技術では、前述の第1の従来技術の20μmの選択横方向成長後に、H-VP E(ハイドライド気相成長)装置にて200μmのGa₂N厚膜を成長し、その後、この厚膜成長したGa₂N膜を150μmの厚さになるように、サファイア基板側から研磨することにより、Ga₂N基板を作製する。このGa₂N基板上にMO-VP E装置を用いて、LDデバイスとして必要な結晶成長を順次行ない、LDデバイスを作製する。この結果、結晶欠陥の問題に加えて、サファイア基板を用いることによる絶縁性と発光に関する前述の問題点を解決することが可能となる。

【0008】しかしながら、第2の従来技術は、第1の従来技術よりもさらに工程が複雑になっており、より一層のコスト高となる。また、第2の従来技術の方法で200μmものGa₂N厚膜を成長させる場合には、基板であるサファイアとの格子定数差および熱膨張係数差に伴う応力が大きくなり、基板の反りやクラックが生じるという問題が新たに発生する。

【0009】この問題を回避するために、特開平10-256662号では、厚膜成長する元の基板(サファイアとスピネル)の厚さを1mm以上とすることが提案されている。このように、厚さ1mm以上の基板を用いることにより、200μmの厚膜のGa₂N膜を成長させても、基板の反りやクラックを生じさせないようにしている。しかしながら、このように厚い基板は、基板自体のコストが高く、また研磨に多くの時間を費やす必要があ

り、研磨工程のコストアップにつながる。すなわち、厚い基板を用いる場合には、薄い基板を用いる場合に比べて、コストが高くなる。また、厚い基板を用いる場合には、厚膜のGa₂N膜を成長した後は基板の反りやクラックが生じないが、研磨の工程で応力緩和し、研磨途中で反りやクラックが発生する。このため、厚い基板を用いても容易に、結晶品質の高いGa₂N基板を大面積化で作製することはできない。

【0010】一方、文献「Journal of Crystal Growth, Vol.189/190, p.153-158 (1998)」(以下、第3の従来技術と称す)には、Ga₂Nのバルク結晶を成長させ、それをホモエピタキシャル基板として用いることが提案されている。この技術は、1400~1700℃の高温、および数10kbarもの超高压の窒素圧力中で、液体GaからGa₂Nを結晶成長させる手法となっている。この場合には、このバルク成長したGa₂N基板を用いて、デバイスに必要なIII族窒化物半導体膜を成長することが可能となる。従って、第1および第2の従来技術のように工程を複雑化させることなく、Ga₂N基板を提供できる。

【0011】しかしながら、第3の従来技術では、高温、高压中での結晶成長が必要となり、それに耐えうる反応容器が極めて高価になるという問題がある。加えて、このような成長方法をもってしても、得られる結晶の大きさは高々1cm程度であり、デバイスを実用化するには小さ過ぎるという問題がある。

【0012】この高温、高压中でのGa₂N結晶成長の問題点を解決する手法として、文献「Chemistry of Materials Vol.9 (1997) p.413-416」(以下、第4の従来技術と称す)には、Naをフラックスとして用いたGa₂N結晶成長方法が提案されている。この方法は、フラックスとしてのアジ化ナトリウム(NaN₃)と金属Gaとを原料として、ステンレス製の反応容器(容器内寸法:内径=7.5mm、長さ=100mm)に窒素雰囲気中で封入し、その反応容器を600~800℃の温度で24~100時間保持することにより、Ga₂N結晶を成長させるものである。この第4の従来技術の場合には、600~800℃程度の比較的低温での結晶成長が可能であり、容器内圧力も高々100kg/cm²程度と第3の従来技術に比較して圧力を低くできる点が特徴である。しかし、この方法の問題点としては、得られる結晶の大きさが1mmに満たない程度に小さい点である。この程度の大きさではデバイスを実用化するには第3の従来技術の場合と同様に小さ過ぎる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、第1や第2の従来技術の問題点である工程を複雑化させることなく、第3の従来技術の問題点である高価な反応容器を用いることなく、かつ第3や第4の従来技術の問題点である結晶の大きさが小さくなることなく、高性能の発光ダ

5

イオードやLED等のデバイスを作製するための実用的な大きさのIII族窒化物結晶および半導体デバイスを提供し、また、このようなIII族窒化物結晶を成長させることの可能な結晶成長方法および結晶成長装置を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、反応容器内で、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中あるいは金属融液表面において、少なくともIII族金属元素を含む物質と少なくとも窒素元素を含む物質とから、III族金属元素と窒素元素とにより構成されるIII族窒化物を結晶成長させることを特徴としている。

【0015】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中或いは金属融液表面に、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物からIII族金属成分が供給されることを特徴としている。

【0016】また、請求項3記載の発明は、請求項2記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を、反応容器の外部より供給することを特徴としている。

【0017】また、請求項4記載の発明は、請求項2記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中に含まれていることを特徴としている。

【0018】また、請求項5記載の発明は、請求項2乃至請求項4のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する領域とは空間的に分離した領域に存在することを特徴としている。

【0019】また、請求項6記載の発明は、請求項5記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域の温度と、III族窒化物結晶が成長する領域の温度とが異なっていることを特徴としている。

【0020】また、請求項7記載の発明は、請求項2乃至請求項6のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する温度付近で分解あるいは溶融もしくは金属融液中に溶解することを特徴としている。

【0021】また、請求項8記載の発明は、請求項2乃至請求項7のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族金属元素と他の元素とにより構成される合金であることを特徴としている。

【0022】また、請求項9記載の発明は、請求項1乃至

(4)

特開2001-102316

6

至請求項8のいずれか一項に記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属がアルカリ金属であることを特徴としている。

【0023】また、請求項10記載の発明は、請求項9記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属であるアルカリ金属がNaであることを特徴としている。

【0024】また、請求項11記載の発明は、請求項1乃至請求項10のいずれか一項に記載の結晶成長方法を用いてIII族窒化物結晶の結晶成長を行うことを特徴としている。

【0025】また、請求項12記載の発明は、請求項1乃至請求項10のいずれか一項に記載の結晶成長方法を用いて結晶成長させたIII族窒化物結晶である。

【0026】また、請求項13記載の発明は、請求項12記載のIII族窒化物結晶を用いて作製された半導体デバイスである。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。本発明は、反応容器内で、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中あるいは金属融液表面において、少なくともIII族金属元素(例えば、Ga(ガリウム))を含む物質と少なくとも窒素元素を含む物質とから、III族金属元素と窒素元素とにより構成されるIII族窒化物を結晶成長させることを特徴としている。

【0028】より詳細に、反応容器は、III族窒化物が結晶成長できるように温度制御可能となっている。また、反応容器内には、低融点かつ高蒸気圧の金属があり、この低融点かつ高蒸気圧の金属は、III族窒化物が結晶成長可能な温度領域で融液となっている。この温度制御された反応容器内で、低融点かつ高蒸気圧の金属が融液となっており、その金属融液中あるいは金属融液表面でIII族金属元素と窒素元素とにより構成されるIII族窒化物結晶が成長する。ここで、少なくともIII族金属元素を含む物質と、少なくとも窒素元素を含む物質とが、III族窒化物の原料となっている。

【0029】また、本発明は、上述のIII族窒化物結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中或いは金属融液表面に、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物からIII族金属成分が供給されることを特徴としている。

【0030】ここで、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物から供給されたIII族金属成分が、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中或いは金属融液表面で、少なくとも窒素元素を含む物質と反応することで、III族窒化物結晶が成長する。

【0031】なお、以下では、低融点かつ高蒸気圧の金属がNaであり、少なくともIII族金属元素を含む物質が金属Gaであるとして説明する。

【0032】図1は本発明に係る結晶成長装置の構成例

50

(5)

特開2001-102316

8

7

を示す図である。図1の例では、反応容器101内には、低融点かつ高蒸気圧の金属としてのNaと、少なくともIII族金属元素を含む物質としての金属Gaとが收容され、それらはIII族窒化物結晶が成長する温度領域で混合融液102を形成している。

【0033】また、反応容器101内の空間領域には、少なくとも窒素元素を含む物質として窒素ガス(N₂)103が充填されている。この窒素ガス103は、窒素供給管104を通して、反応容器101外から供給可能な状態となっており、窒素圧力を調整するために、図1の装置では、圧力調整機構105が設けられている。この圧力調整機構105は、例えば、圧力センサー及び圧力調整弁等により構成されており、この圧力調整機構105によって、反応容器101内の窒素圧力は、例えば50気圧に制御されている。

【0034】また、反応容器101には、結晶成長可能な温度に制御可能な加熱装置106が具備されている。加熱装置106により反応容器101内をIII族窒化物結晶が成長する温度(例えば750℃)に制御することで、低融点かつ高蒸気圧の金属であるNaとIII族金属原料であるGaとの混合融液102が形成されるようになっている。このとき、混合融液102からIII族金属であるGaが供給され、加熱装置106によって反応容器101内を成長温度に一定保持することで、III族窒化物としてのGaN結晶が混合融液中107及び混合融液表面108で結晶成長するようになっている。

【0035】このように、図1の結晶成長装置では、NaとGaの混合融液中107及び混合融液表面108で、窒素ガス或いは窒素ガスから供給された融液中の窒素成分とGaとが反応することで、継続的なGaN結晶が成長し、結晶サイズの大きなものを得ることが可能となる。

【0036】また、図2は本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。なお、図2において、図1と同様の箇所には同じ符号を付している。

【0037】図2の構成例では、反応容器101の外部にGaとNaの混合融液の融液ホルダー211があり、この融液ホルダー211はGaとNaの混合物が融液として存在できる温度に保持されている。この融液ホルダー211の上部の圧力供給管212から窒素ガスによって、反応容器101内の圧力より高い圧力を供給することで、融液ホルダー211に保持されているGaとNaの混合融液を、融液ホルダー供給管213を介して、反応容器101内部に供給可能になっている。

【0038】このように、図2の構成例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を(例えば、GaとNaの混合融液を)、反応容器101の外部から供給可能となっている。ここで、反応容器101の外部より供給されるIII族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物は、制御さ

れた量のみ反応容器101内に供給可能となっている。

【0039】このように、GaとNaの混合融液を反応容器101の外部から供給することで、図1の説明で述べた継続的なGaN結晶の成長に加えて、Gaの反応容器101内での量を一定に保持することが可能となり、GaN結晶を一層安定して成長させることができる。

【0040】なお、図2の例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を反応容器101の外部より供給するようにしているが、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を外部より供給するのではなく、図1に示したように、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を、反応容器101内に最初から存在させても良い。この場合、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物であるGaとNaの混合融液が最初から反応容器101内に存在することで(III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中に含まれていることで)、安定的に外乱が少なく結晶成長が継続し、結晶欠陥の少ないGaN結晶を成長することが可能となる。

【0041】換言すれば、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する領域と空間的に分離した領域に存在していれば良い。

【0042】図3は本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。なお、図3において、図1と同様の箇所には同じ符号を付している。

【0043】図3の構成例が図1の構成例と異なるところは、図3の構成例では、反応容器101の加熱装置を、III族窒化物結晶が成長する領域を加熱する第一の加熱装置106と、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域311を加熱する第二の加熱装置312とに分離している点である。

【0044】図3の例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物として、GaとNaの金属間化合物を用いており、その金属間化合物はIII族窒化物結晶が成長する領域から分離された領域311に存在している。この金属間化合物を加熱する第二の加熱装置312は、結晶成長する領域を加熱する第一の加熱装置106と分離していることで、独立的に温度制御が可能である。

【0045】換言すれば、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域の温度と、III族窒化物結晶が成長する領域の温度とを異なったものにすることができる。

【0046】なお、上述の例では、第一の加熱装置106と第二の加熱装置312が分離制御する構造となっているが、加熱装置は必ずしも分離されている必要はな

9

く、加熱装置が一つでIII族窒化物結晶を成長させる領域の温度と、III族元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域の温度とを相違させる構造となっていれば良い。

【0047】具体的に、結晶成長領域を結晶成長温度として例えば750℃に第一の加熱装置106で加熱し、金属間化合物が存在する領域311を第二の加熱装置312で530℃に保持する。この状態では、領域311に存在する金属間化合物から徐々にIII族金属成分であるGaが、GaとNaの混合融液102中に溶出し、II

【0048】このように、図3の構成例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物は、III族窒化物結晶が成長する領域107、108とは離れた領域311にあり、III族金属成分は、このIII族金属元素と他の元素とにより構成される混合物

【0049】また、上述の例では、III族窒化物結晶を成長させる領域107、108の温度と、III族元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域311の温度とが異なっている場合について

【0050】換言すれば、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する領域と空間的に分離した領域に存在していれば良い。

【0051】図4は本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。図4の構成例では、反応容器401内には、低融点かつ高蒸気圧の金属としてNaがあり、NaはIII族窒化物結晶が成長する温度領域でNa融液402となっている。また、反応容器401の下部には、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物として、例えばGaN409があり、GaN409はNa融液102で覆われている。

【0052】また、反応容器401内の空間領域には、少なくとも窒素元素を含む物質として窒素ガス(N₂)403が充填されている。この窒素ガス403は、窒素供給管404を通して、反応容器401の外部から供給可能となっている。この時、窒素圧力を調整するため

(6)

特開2001-102316

10

に、圧力調整機構405が設けられている。なお、この圧力調整機構405は圧力センサー及び圧力調整弁等から構成されている。この圧力調整機構405によって、反応容器401内の窒素圧力は、例えば50気圧に制御されている。

【0053】また、反応容器401には、結晶成長可能な温度に制御できるように加熱装置406が具備されている。加熱装置406によりIII族窒化物結晶が成長する温度(例えば750℃)に反応容器401内を制御することで、低融点かつ高蒸気圧の金属であるNaが融液402となっており、このとき、GaN409は分解し、そこから徐々にGaが供給され、反応容器401内の温度を加熱装置406によって結晶成長温度に一定保持することで、III族窒化物としてのGaN結晶が混合融液中407および混合融液表面408で結晶成長する。

【0054】ここで用いるGaN409は原料としてのものであり、単結晶のみならず、多結晶、非品質でも良い。また、結晶性のものでも結晶欠陥が多いものや結晶サイズの小さいもの等のそのままでは基板として用いることが困難なものでも良い。従って、良質の基板として使用可能なサイズのGaN結晶を低コストで得ることが可能となる。

【0055】このように、図4の構成例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を、III族窒化物結晶が成長する温度付近で分解あるいは溶融もしくは金属融液中に溶解させるようにしている。これにより、III族金属成分が、III族窒化物の結晶成長する領域に供給され、窒素成分と反応することで、III族窒化物結晶を成長させることができる。

【0056】そして、本発明では、上述したような結晶成長方法、結晶成長装置により結晶成長させたIII族窒化物結晶を用いて、III族窒化物半導体デバイスを作製することができる。

【0057】図5は本発明に係る半導体デバイスの構成例を示す図である。なお、図5の例では、半導体デバイスは半導体レーザとして構成されている。図5を参照すると、この半導体デバイスは、上述したような仕方で結晶成長させたIII族窒化物結晶(図5の例では、GaN結晶)を用いたn型GaN基板501上に、n型AlGa

【0058】次いで、GaN、AlGaN、InGaNの積層膜にリッジ構造を形成し、SiO₂絶縁膜508をコンタクト領域のみ穴開けした状態で形成し、上部及

11

び下部に各々p側オーミック電極Al/Ni 509及びn側オーミック電極Al/Ti 510を形成して、図5の半導体デバイス(半導体レーザ)が構成される。

【0059】この半導体レーザのp側オーミック電極Al/Ni 509及びn側オーミック電極Al/Ti 510から電流を注入することで、この半導体レーザは発振し、図5の矢印Aの方向にレーザ光を出射させることができる。

【0060】この半導体レーザは、本発明のIII族窒化物結晶(GaN結晶)を基板501として用いているため、半導体レーザデバイス中の結晶欠陥が少なく、大出力動作且つ長寿命のものとなっている。また、GaN基板501はn型であることから、基板501に直接電極510を形成することができ、第一の従来技術(第6図)のようにp側とn側の2つの電極を表面からのみ取り出すことが必要なく、低コスト化を図ることが可能となる。更に、光出射端面を劈開で形成することが可能となり、チップの分離と併せて、低コストで高品質なデバイスを実現することができる。

【0061】なお、上述の各例では、低融点かつ高蒸気圧の金属としてアルカリ金属であるNaを用いているが、Naに限らず、K等を用いることもできる。すなわち、低融点かつ高蒸気圧の金属としては、III族窒化物結晶を成長させる温度において、融液となっているものであれば、Na以外のアルカリ金属を用いることもできる。

【0062】また、上述の例では、少なくともIII族金属元素を含む物質として、Gaを用いているが、Gaに限らず、AlやIn等の単体の金属、あるいはそれらの混合物、合金等を用いることもできる。

【0063】また、上述の例では、少なくとも窒素元素を含む物質として窒素ガスをを用いているが、窒素ガスに限らず、 NI_3 等のガスや NaN_3 等の固体を用いることもできる。

【0064】また、上述の各例では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物として、GaNを用いたが、GaNに限らず、AlNやInN等の他のIII族窒化物を用いることもできる。

【0065】また、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物としては、GaNやAlN、InN等のIII族窒化物に限らず、例えばGaとNaの金属間化合物を用いて、III族窒化物として例えばGaNを結晶成長させても良い。この場合、GaとNaの金属間化合物は、GaNが結晶成長する温度(例えば750℃)付近では分解しており、III族金属成分としてのGaが結晶成長領域に供給可能である。また、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物としては、上述したものに限らず、III族金属元素と他の元素とにより構成される合金であっても良い。

(7)

特開2001-102316

12

【0066】具体的には、III族金属元素と他の元素から構成される混合物もしくは化合物として、GaとNaの金属間化合物、あるいはGaとKの金属間化合物を挙げることができる。また、他の合金として、GaとFeの合金、GaとCuの合金、GaとMnの合金、GaとCrの合金、GaとCoの合金を挙げることができる。例えばGaとFeの合金の場合には、成長温度が750~850℃で分解することから、III族金属成分であるGaが結晶成長領域に供給可能となる。

10 【0067】

【発明の効果】以上に説明したように、請求項1乃至請求項11記載の発明によれば、反応容器内で、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中あるいは金属融液表面において、少なくともIII族金属元素を含む物質と少なくとも窒素元素を含む物質とから、III族金属元素と窒素元素とにより構成されるIII族窒化物を結晶成長させるようになっており、低融点かつ高蒸気圧の金属融液を用い、この金属融液中あるいは金属融液表面で結晶成長させることにより、高品質の結晶成長に必要なかつ適切な量のIII族金属成分を持続的に供給することが可能となる。その結果、低コストで結晶欠陥の少ない大型、高品質のIII族窒化物結晶の成長が実現できる(高品質で大型の結晶を育成するためには、適切な量のIII族金属成分を結晶が成長する場に持続的に供給することが必要であり、結晶成長の場として金属融液を用いることで、このことが実現できる)。すなわち、前述した第1や第2の従来技術の問題点である工程を複雑化させることなく、第3の従来技術の問題点である高価な反応容器を用いることなく、かつ第3や第4の従来技術の問題点である結晶の大きさが小さくなることなく、高性能の発光ダイオードやLED等のデバイスを作製するための実用的な大きさのIII族窒化物結晶および半導体デバイスを提供することができる。

30

【0068】特に、請求項2記載の発明では、請求項1記載の結晶成長方法において、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中或いは金属融液表面に、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物からIII族金属成分が供給されることで、請求項1の作用効果に加えて、徐々に安定的にIII族金属成分を結晶成長領域に供給でき、これにより、結晶欠陥が少なく、結晶品質の高いIII族窒化物結晶が実現できる。

40

【0069】また、請求項3記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物を、反応容器の外部より供給することで、請求項1、請求項2の作用効果に加えて、さらに、継続的なIII族金属成分の供給が可能となる。従って、より大面積のIII族窒化物結晶を高品質で継続的に成長させることが可能となる。

50

【0070】また、請求項4記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化

13

合物が、低融点かつ高蒸気圧の金属融液中に含まれていることで、請求項1、請求項2の作用効果に加えて、結晶品質の高いIII族窒化物結晶の成長をスムーズに開始させることができる。その結果、結晶成長初期の種結晶の結晶品質が高く（結晶欠陥が少なく）、それを元に高品質のIII族窒化物結晶を成長させることが可能となる。

【0071】また、請求項5記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する領域と空間的に分離した領域に存在することで、請求項1～請求項4の作用効果に加えて、一層安定的にIII族金属成分を結晶成長領域に供給することができ、より結晶品質の高いIII族窒化物結晶を成長させることが可能となる。

【0072】また、請求項6記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が存在する領域の温度と、III族窒化物結晶が成長する領域の温度とが異なっていることで、請求項5の作用効果に加えて、一層安定的にIII族金属成分を結晶成長領域に供給することができる。即ち、前述の混合物もしくは化合物が存在する領域から結晶成長領域にかけて、温度が変化していることから、III族金属成分は徐々に濃度が低くなり、継続的なIII族金属成分の拡散が可能となる。

【0073】また、請求項7記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族窒化物結晶が成長する温度付近で分解あるいは溶融もしくは金属融液中に溶解することで、請求項1～請求項6の作用効果に加えて、III族金属成分を安定的に結晶成長領域に供給することができる。その結果、結晶品質の高いIII族窒化物結晶を成長させることが可能となる。

【0074】また、請求項8記載の発明では、III族金属元素と他の元素とにより構成される混合物もしくは化合物が、III族金属元素と他の元素とにより構成される合金であることで、請求項1～請求項7の作用効果に加えて、合金として存在している時には安定であり、より一層安定的にIII族金属成分をIII族窒化物結晶が成長する領域に供給可能となる。その結果、より一層結晶品質の高いIII族窒化物結晶を成長させることが可能となる。

【0075】また、請求項9記載の発明では、低融点かつ高蒸気圧の金属がアルカリ金属であることで、請求項1～請求項8の作用効果に加えて、アルカリ金属がより低融点であるために、低い温度でIII族窒化物結晶を成長させることが可能となる。

【0076】また、請求項10記載の発明では、低融点かつ高蒸気圧の金属であるアルカリ金属がNaであることで、請求項9の作用効果に加えて、高純度かつ低コストで材料を入手することができ、更に取り扱いも比較的

(8)

特開2001-102316

14

容易であり、安全性が高い。

【0077】また、請求項12記載の発明によれば、請求項1乃至請求項10のいずれか一項に記載の結晶成長方法を用いてIII族窒化物結晶を結晶成長することで、半導体デバイスを作製することが可能な程度の大きく、かつ結晶品質の高いIII族窒化物結晶を、低コストで提供することが可能となる。

【0078】また、請求項13記載の発明によれば、請求項12記載のIII族窒化物結晶を用いて半導体デバイスを作製することで、高性能なデバイスを低コストで実現できる。すなわち、このIII族窒化物結晶は、前述のように、結晶欠陥の少ない高品質な結晶であり、このIII族窒化物結晶を用いて、デバイスを作製し、あるいは、III族窒化物の薄膜結晶成長用の基板として用いて、薄膜成長からデバイス作製を行うことで、高性能なデバイスが実現できる。なお、ここで言う高性能とは、例えば半導体レーザや発光ダイオードの場合には、従来実現できていない高出力かつ長寿命なものであり、電子デバイスの場合には低消費電力、低雑音、高速動作、高温動作可能なものであり、受光デバイスとしては低雑音、長寿命等のものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る結晶成長装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。

【図3】本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。

【図4】本発明に係る結晶成長装置の他の構成例を示す図である。

【図5】本発明に係る半導体デバイスの構成例を示す図である。

【図6】従来のレーザダイオードを示す図である。

【符号の説明】

101	反応容器
102	混合融液
103	窒素ガス
104	窒素供給管
105	圧力調整機構
106	加熱装置(第一の加熱装置)
211	融液ホルダー
212	圧力供給管
213	融液ホルダー供給管
311	混合物もしくは化合物が存在する領域
312	第二の加熱装置
401	反応容器
402	融液
409	GaN
403	窒素ガス
404	窒素供給管

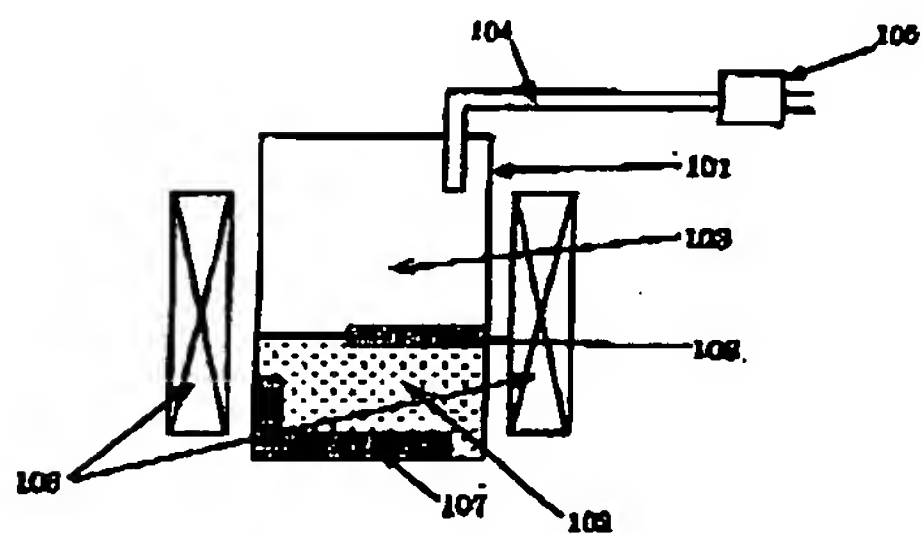
(9)

特開2001-102316

15

- 405 圧力調整機構
 106 加熱装置
 501 n型Ga_{0.5}N基板
 502 n型AlGa_{0.5}Nクラッド層
 503 n型Ga_{0.5}Nガイド層
 504 InGa_{0.5}N MQW(多重量子井戸)活性層

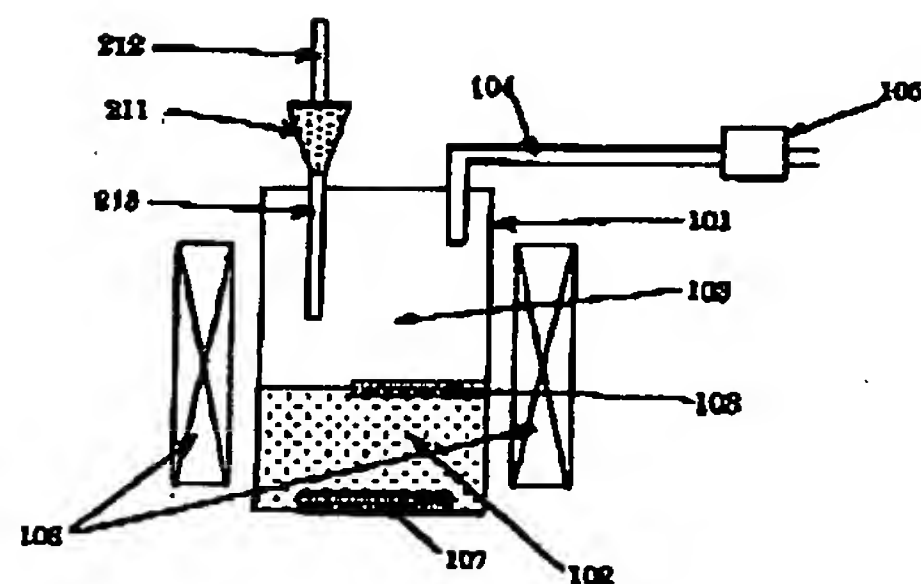
【図1】



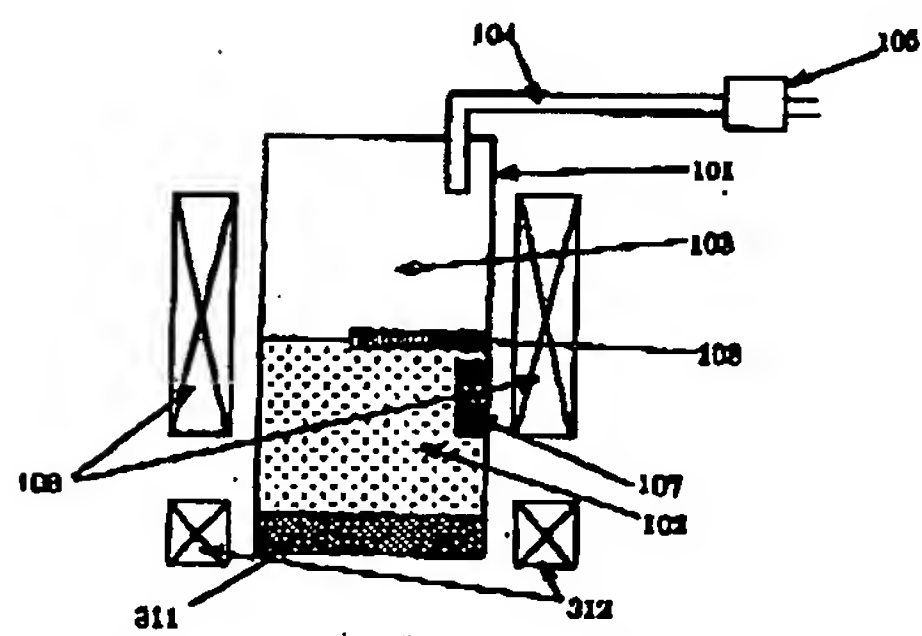
16

- 505 p型Ga_{0.5}Nガイド層
 506 p型AlGa_{0.5}Nクラッド層
 507 p型Ga_{0.5}Nコンタクト層
 508 SiO₂絶縁膜
 509 p側オーミック電極Al/Ni
 510 n側オーミック電極Al/Ti

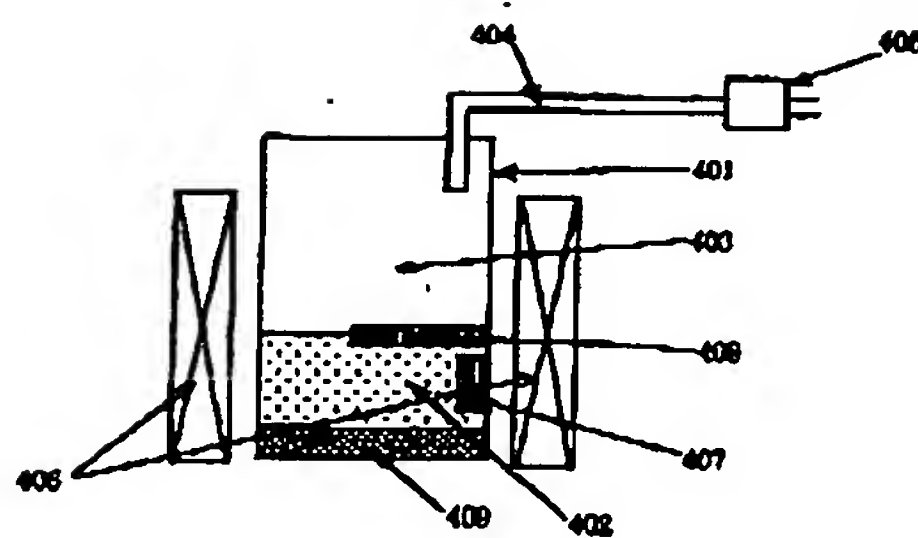
【図2】



【図3】



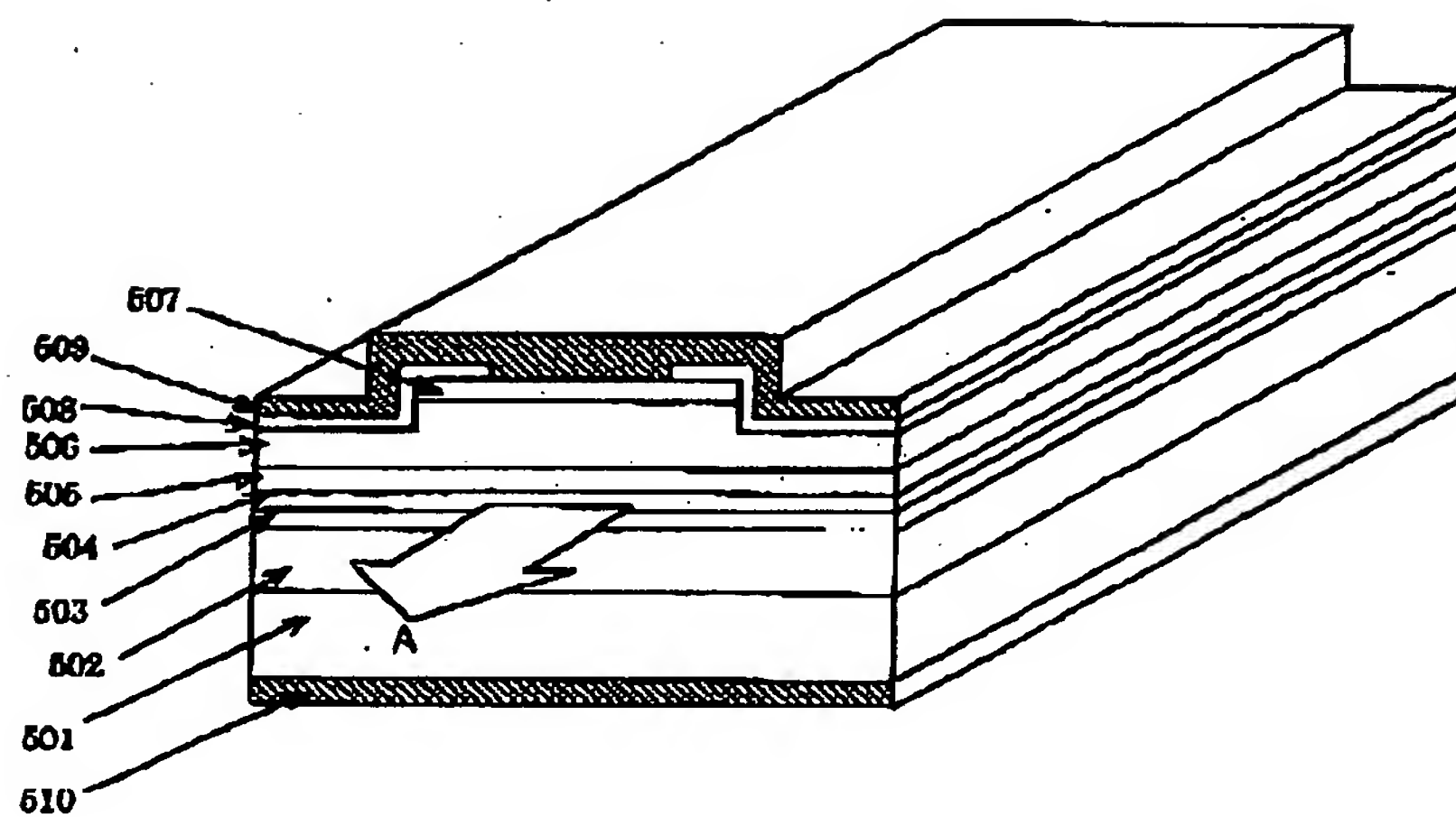
【図4】



(10)

特開2001-102316

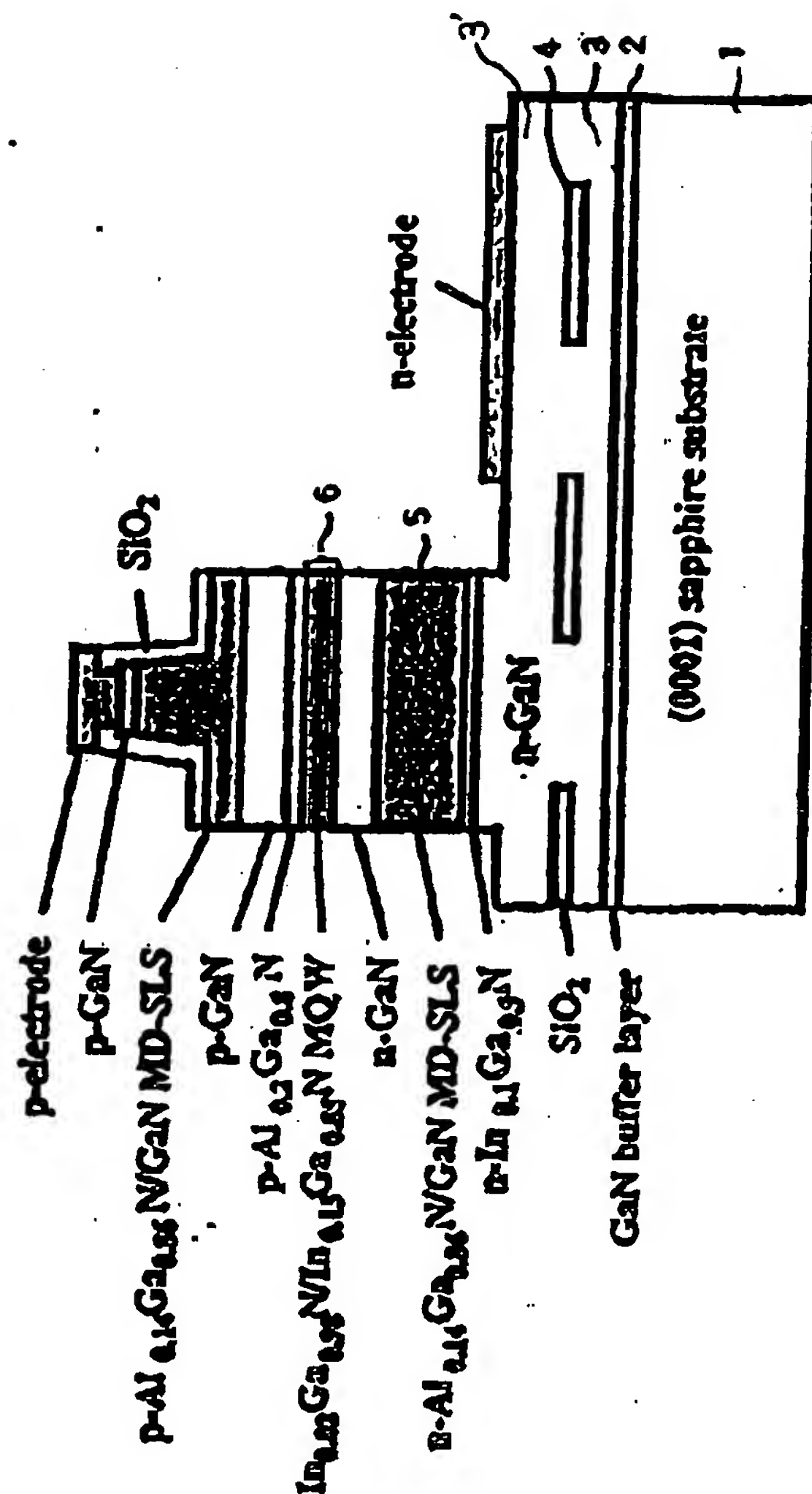
【図5】



(11)

特開2001-102316

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 皿山 正二

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 島田 昌彦

宮城県仙台市青葉区貝ヶ森3-29-5

(72)発明者 山根 久典

宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷1-12-4

(12)

特開2001-102316

ドターム(参考) 4G077 BE11 BE15 CX04 CC10 HA02
HA06 HA12
5F041 AA31 AA40 CA05 CA31 CA40
CA63 CA65 CA83
5F053 AA03 AA32 BB04 DD20 FF02
GG01 HH04 IIII05 JJ01 JJ03
LL03 RR03
5F073 AA13 AA45 AA71 CA07 CB02
CB22 DA02 EA29